

F-16 UÇAĞINDAKİ YARDIMCI İNİŞ TAKIMININ GERİLME- DEFORMASYON ANALİZLERİ

Seda Yetkin¹, Gonca Ozmen Koca²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis

²Fırat Üniversitesi, Elazığ

ABSTRACT

Stress is known as internal force values acting on a unit area of a part. Stress-deformation analyzes play an important role in finding structural safety and integrity. According to literature, aircraft faults during landing are more frequent than faults occurring during takeoff and flight. In this study, the geometry of the auxiliary landing gear on the F16 aircraft was drawn in the Solidworks package program, which is one of the computer-aided design programs. Later, the the finite element analysis is performed on the ANSYS program of the drawing design. Stress and deformation values are determined for each part of the landing gear of F 16 aircraft. Two results are obtained by interpreting the stress-strain analyzes. The first result is the reduction in maximum stress when the shaft diameter in the landing gear is increased. The second is the increase in maximum stress and maximum deformation when the moment is applied. With these analyzes, endurance tests are carried out by obtaining the stress-strain values of each part for different shaft sizes of the aircraft landing gear.

ÖZET

Gerilme, bir parçanın birim alana etki eden iç kuvvet değerleri olarak bilinmektedir. Gerilme-deformasyon analizleri, yapısal güvenlik ve bütünlüklerin bulunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Literatüre göre uçakların, iniş sırasında oluşan arızalar kalkış ve uçuş sırasında oluşan arızalardan daha fazladır. Bu çalışmada, F16 uçağında bulunan yardımcı iniş takımının geometrisi bilgisayar destekli tasarım programlarından biri olan Solidworks paket programında çizilmiştir. Daha sonra çizimi yapılan tasarımın ANSYS programının da sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. F16 uçağının iniş takımının her parçasında oluşan gerilme değerleri ve deformasyon değerleri belirlenmiştir. Yapılan gerilme-deformasyon analizleri yorumlanarak iki sonuç elde edilmiştir. Bunlardan birincisi iniş takımındaki mil çapı arttırıldığı zaman maksimum gerilmenin azalmasıdır. İkincisi ise moment uygulandığı zaman maksimum gerilme ve maksimum deformasyonun artmasıdır. Bu analizler ile uçak iniş takımının farklı mil boyutları için her bir parça üzerine düşen gerilme-deformasyon değerleri elde edilerek dayanıklılık testi yapılmıştır.

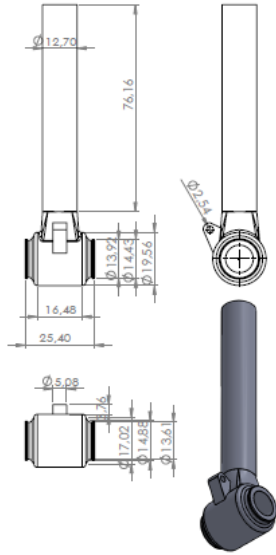
GİRİŞ

Bilindiği üzere iniş takımları uçağın ağırlığını taşıyan, iniş-kalkış yaparken uçağın yaptığı sarsıntıya karşı uçak gövdesini dış sarsıntılardan koruyan, uçak hareket ederken yada yerde taksi yaparken sarsıntıları en aza indirgeyen uçak elamanlarıdır. İniş takımları uçağın büyüklüğüne, amacına, taşıyacağı yük miktarına ve buna ek olarak diğer fonksiyonlara göre çeşitli isimler altında değerlendirilmektedir. Normal bir uçakta ana iniş takımları ve yardımcı iniş takımı bulunmaktadır [1]. Yardımcı iniş takımları genellikle uçağın burnunda yada kuyruğunda bulunan ve ana yükü kendi üzerine alarak ana iniş takımındaki yükü azaltıp inişin daha emniyetli olarak gerçekleşmesine yardımcı olmakta ve uçağın yerde hareketi sırasında uçağa yön vermesini sağlamaktadır [2]. Uçakların üretilmesi ve üretilen malzemelerin ömürleri hakkında bilgi sahibi olmak çok önemlidir. Bu yüzden önce birçok analiz yapılmalıdır. Bu analizleri yapmak için en çok sonlu elemanlar metodunu kendisine ilke edinmiş ANSYS yazılım programı kullanılmaktadır [3]. Tümer'in yaptığı çalışmada [3], NACA 4424 ve NACA 4415 profilli uçak kanadında oluşan titreşim analizi ANSYS programında analiz etmiştir. Bu iki farklı kanat modelinin birbiriyle karşılaştırılması yapmıştır. Heirendt vd. çalışmalarında [4], bir uçak iniş takımı alt sürgülü yatağının ısıl davranışının incelenmesi için kararlı bir durum modeli sunmuşlardır. Bu alt sürülü yatağın yağlanması ve yağlanmaması sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sevgi' nin yaptığı çalışmada [6], hafif ticari bir helikopter için tasarlanan kızak tipi iniş takımına verilen sınır şartları ve belirlenen yükleme durumları için en uygun sonuçları elde etmiştir. Geometrisi ve ana boyutları verilen bu iniş takımı için analizden önce ANSYS bilgisayar programı ile modelleme yapmıştır.

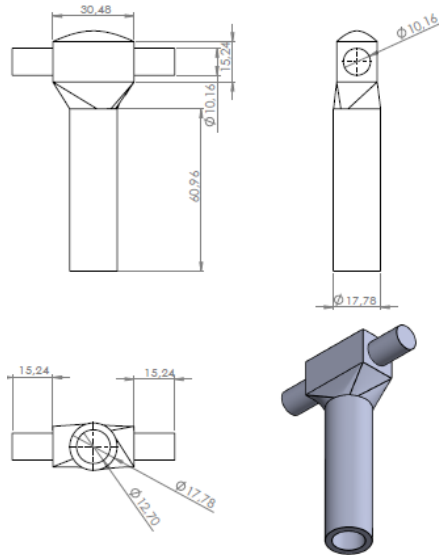
Bu çalışmada ise F16 uçağının yardımcı iniş takımının gerilme-deformasyon analizini ANSYS programında gerçekleştirilmiştir. Analizlerde 2 model kullanılmıştır. Bu modellerden birincisi uçağın jant kısmından belirli büyüklükte kuvvetlerin verilmesi. İkincisi ise 1. Modelde verilen kuvvetlerinin yanı sıra belirli büyükte momentin uygulanmasıdır. Ayrıca 1. Model de kullanılan iniş takımının mil yarıçapının artırılması sonucunda iniş takımında meydana gelen gerilme ve deformasyon değerleri incelenmiştir.

MODELLEME VE SAYISAL SONUÇLAR

Sayısal çalışmada ilk olarak gerilme-deformasyon analizlerinde kullandığımız iniş takımının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarım gerçekleştirilirken F-16 uçağının yardımcı iniş takımı referans alınmış ve iniş takımının pistonu, silindiri, mili, jantı ve tekerlekleri Solidworks programında çizilmiştir. Bu çizimlerin teknik resimleri sırasıyla Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir.

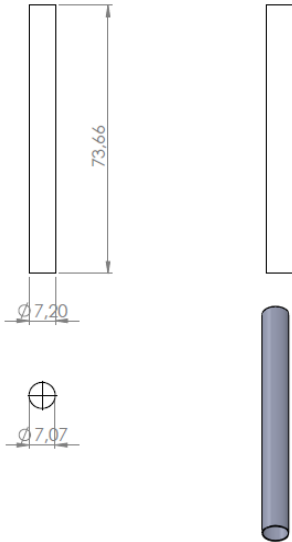


Şekil 1. İniş takımının pistonu

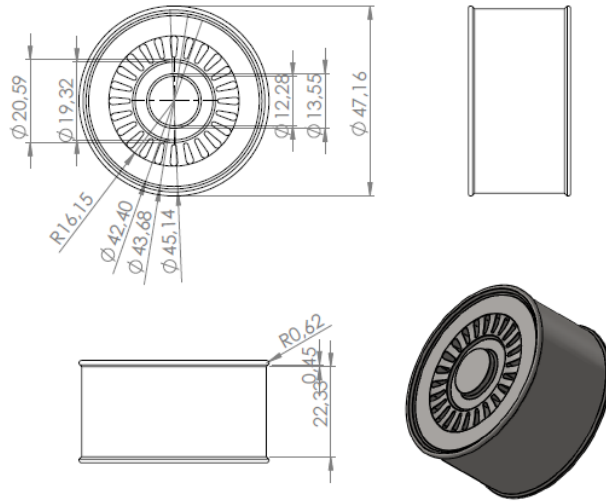


Şekil 2. İniş takımının silindiri

Şekil 1’de gösterilen pistonunun içinden 2 farklı çapta mil geçirilerek 2 jantın birbiri ile bağlantısı sağlanmıştır. Şekil 2’de gösterilen silindir ise üst kısmından uçağa sabitlenmiştir.

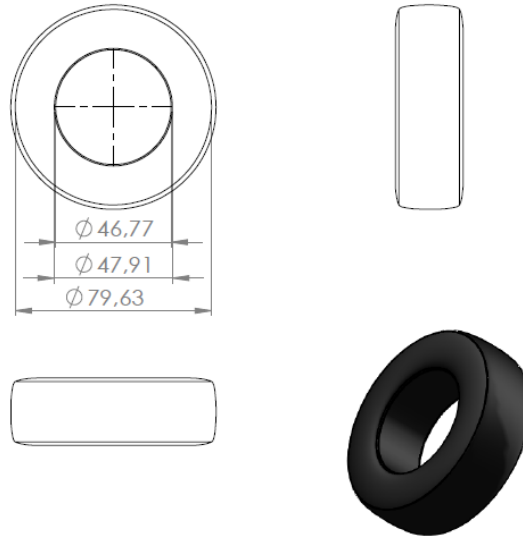


Şekil 3. İniş takımının mili



Şekil 4. İniş takımının jantı

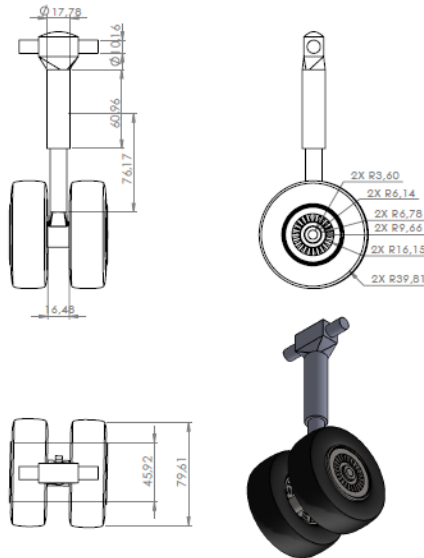
Bu çalışma için Şekil 3’de gösterilen mil farklı iki boyutta (yarıçapı 36 mm ve 52 mm) tasarlanmıştır. Bu miller pistonun içerisinden geçirilerek 2 jantın bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Şekil 4’de gösterilen jant ise lastiklerin üzerine takıldığı ve mil ile bağlantısını sağlayan iniş takımlarının en önemli parçalardan biridir. İniş takımlarının jantları alaşımlı çelikten yapılmıştır.



Şekil 5. İniş takımının tekerleği

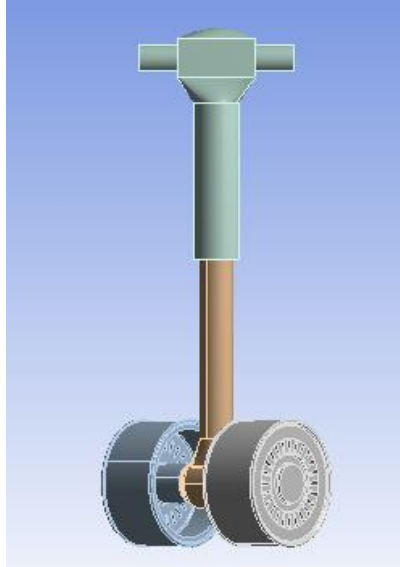
Jant ve lastiklerin teknik sağlamlıklarının kalkış ve iniş esnasında önemi büyüktür. Jant kırılma veya lastik patlama olayı, iniş ve kalkışta uçağın dengesini bozacağı gibi uçakta büyük hasarların oluşumuna neden olur. Bu yüzden uygun jant ve lastiklerin seçilmesi gerekir.

İniş takımının her bir parçası Solidworks programının montaj kısmında birleştirilerek Şekil 6'da gösterilen iniş takımı oluşturulmuştur.



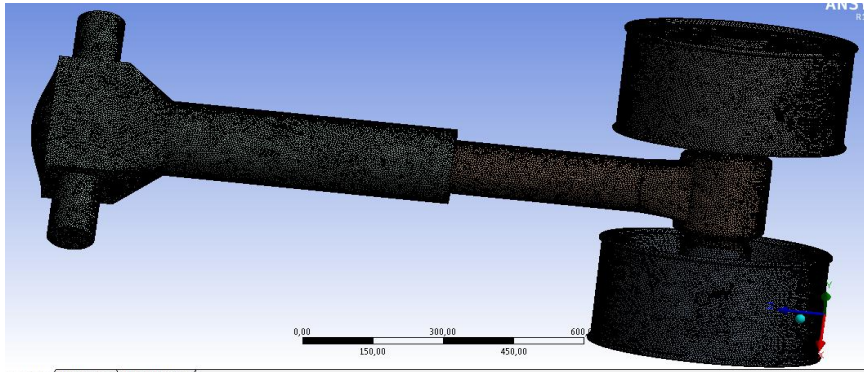
Şekil 6. İniş takımının teknik resmi

Sayısal çalışmanın ikinci aşamasında ise F-16 uçağının burun iniş takımı referans alınarak oluşturulan iniş takımının Ansys programında gerilme-deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Gerilme-deformasyon analizi yapılırken Ansys programında yapı (structure) modülü ile çözüm yapılmaktadır. Solidworks de tasarımını gerçekleştirdiğimiz iniş takımının mil çapını değiştirerek oluşturulan 2 farklı iniş takımı modeli sırasıyla yapı modülüne aktarılmıştır. Ansys'e aktarılmış şekli Şekil 7'deki gibi gösterilmektedir.



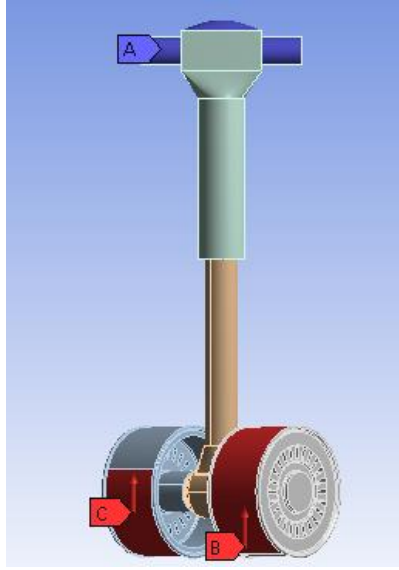
Şekil 7. İniş takımının Ansys’de gösterimi

Analizler yapılırken iniş takımının her bir parçasının hacmi birbirinden farklı olduğu için ağ yapısı oluşturulurken 2 mm olarak seçilmiştir. Bu 2 mm her bir parçanın bir kenarının alması gereken maksimum uzunluğu göstermektedir. Ayrıca beş parçanın temas yüzeylerindeki elemanların sayısının, çözüm hassasiyeti açısından daha fazla olmasında faydası olduğu için 5 parçanın birbirine temas eden yüzeyleri için ağ yapısının boyutu 1 mm olarak seçilmiştir. Şekil 8’de ise yapılan bu ölçülendirme sonucunda iniş takımının ağ yapısı gösterilmiştir.

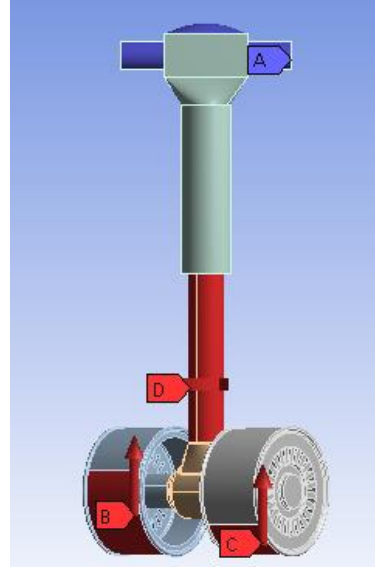


Şekil 8. İniş takımının ağ görüntüsü

Ayrıca yaptığımız gerilme-deformasyon analizlerinde 2 model göz önüne alınmıştır. Bu durumlardan birincisi Şekil 9’da gösterildiği gibi farklı mil boyutlu iniş takımı modellerine sınır şartları olarak silindirin ankastre olarak sabitlenmesi ve jantlarına bir uçağın ağırlığının 3 de biri kadar olan kuvvetin ($385,6\text{ KN}$) binde birlik kuvveti ($385,6\text{ N}$) uygulanmıştır. Şekil 10’da gösterilen ikinci model ise farklı mil boyutlu iniş takımı modellerine sınır şartları olarak 1. modeldeki sınır şartlarının yanı sıra birde 100 N.m ’lik bir dönme momenti uygulanmıştır.



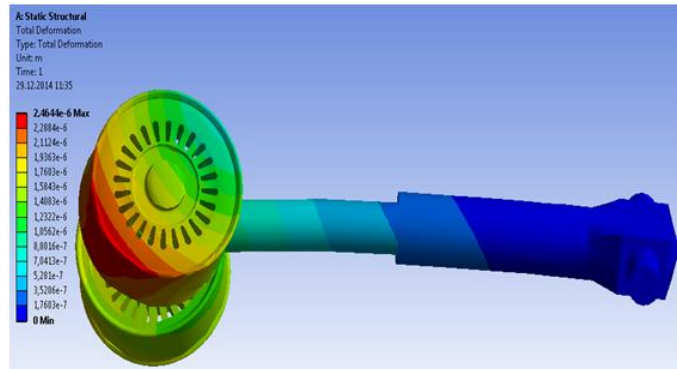
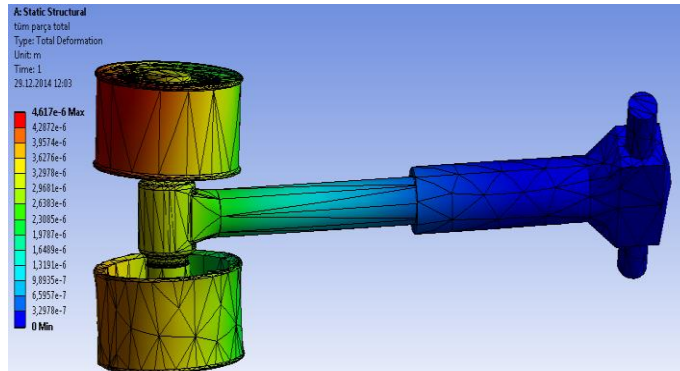
Şekil 9. 1. Modelin sınır şartları



Şekil 10. 2. Modelin sınır şartları

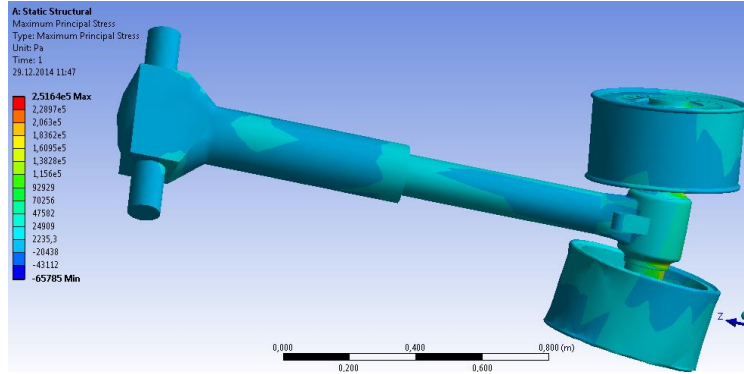
En son aşama olarak gerilme-deformasyon analizi için gerekli olan sonuçların önceden belirlenmesi için, analiz yapılmadan önce “Solution” kısmında ne tür sonuçlar istediğimizi tanımlamamız gerekmektedir. Bu çalışmada Von-Mises (Esdeğer) gerilmeleri, maksimum kayma gerilmeleri ve Total Deformasyonları tanımlanarak analiz gerçekleştirilmiştir.

İniş takımındaki parçasından biri olan milin yarıçapı 36 mm ' den 52 mm ' ye yüksetilip yeniden geometri oluşturulmuştur. Bu oluşturduğumuz 2 geometri karşılaştırılarak Ansys Workbench değerleri incelenmiştir. Şekil 11' de görülen 36 mm ' lik iniş takımında en çok deformasyon jant kısmında gerçekleşmiş ve ortalama değeri $2,4644 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ olduğu görülmüştür. Şekil 12' de ise 56 mm ' lik iniş takımının yine en çok deformasyonu jant kısmında gerçekleşmiş ve değerinin $4,617 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ olduğu görülmüştür.

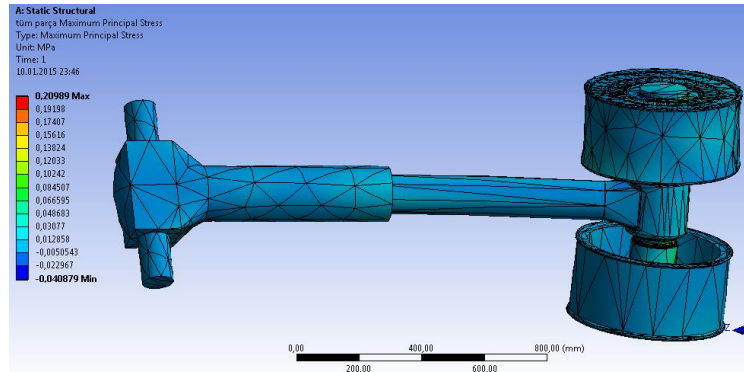
Şekil 11. 1. Model ve 36 mm ' lik iniş takımında oluşan toplam deformasyon

Şekil 12. 1. Model ve 52 mm' lik iniş takımında oluşan toplam deformasyon

Şekil 13'de görülen 36 mm' lik iniş takımında maksimum temel gerilmeler piston kısmında oluşmuştur ve ortalama değerinin $2,516.10^5 Pa$ olduğu görülmektedir. Şekil 14'de ise mil yarıçapı 52 mm olan iniş takımının maksimum temel gerilmeleri pistonda gerçekleşmiş ve değerinin $2,0989.10^5 Pa$ olduğu görülmüştür.

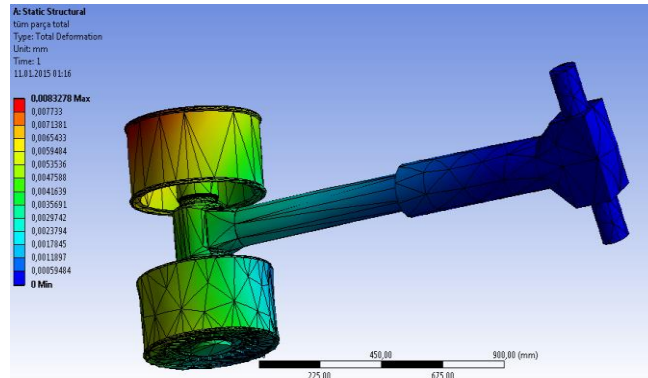


Şekil 13. 1. Model ve 36 mm' lik iniş takımında oluşan maksimum gerilmeler



Şekil 14. 1. Model ve 52 mm' lik iniş takımında oluşan maksimum gerilmeler

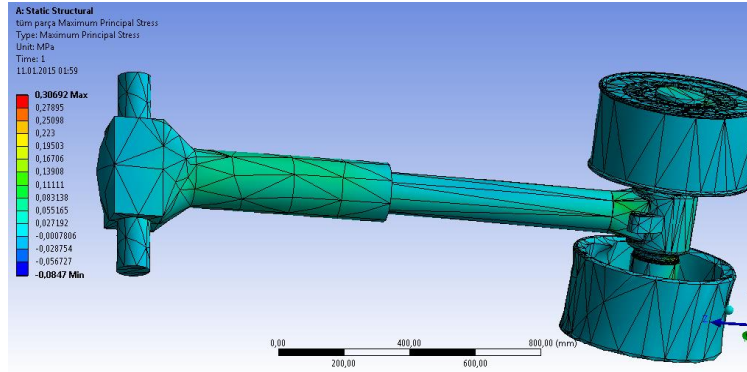
Mil yarıçapı 52 mm olan ve 2. Model iniş takımında oluşacak olan toplam deformasyon miktarı Şekil 15'de gösterilmiştir.



Şekil 15. 2. Model ve 52 mm' lik iniş takımında oluşan toplam deformasyon

Şekil 15'de gösterilen 2. Model ve 52 mm' lik iniş takım modelinin toplam deformasyon miktarının maksimum değeri $0,0083278 mm$ ' dir. Şekil 12'de gösterilen 1. Modelin ve 52 mm' lik olan iniş takımının maksimum toplam deformasyon değeri ise $0,004617 mm$ ' dir. İniş takımına $100 N.m$ ' lik bir moment uyguladığımızda toplam deformasyon miktarının yaklaşık olarak 1.8 kat artışı görülmüştür.

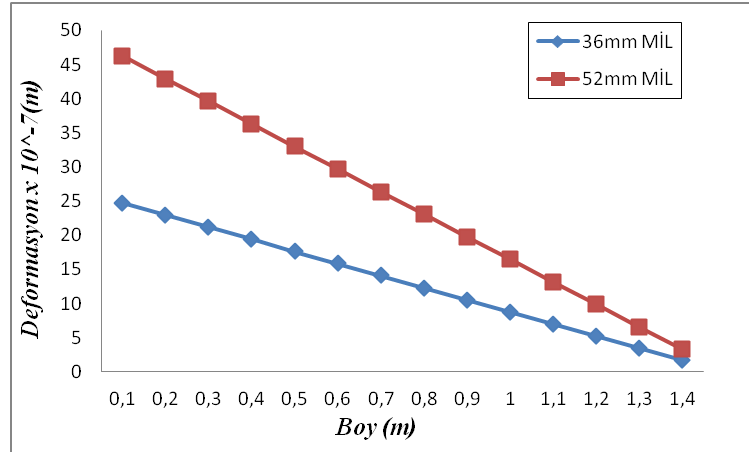
Mil yarıçapı 52 mm olan 2. Model iniş takımında oluşacak olan maksimum gerilmeler Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16. 2. Model ve 52 mm ' lik iniş takımında oluşan maksimum gerilmeler

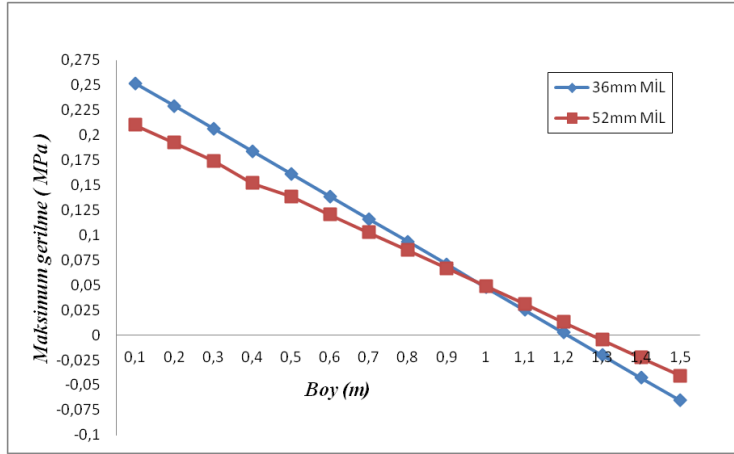
Şekil 16'da gösterilen 2. Model ve 52 mm ' lik iniş takım modelinde meydana gelen maksimum gerilme miktarının $0,30692 \text{ MPa}$ olduğu görülmektedir. Şekil 14'de iniş takımına moment uygulamadığımız zamanki değeri ise $0,20989 \text{ MPa}$ ' dır. Sonuç olarak moment uygulandığımız da maksimum gerilme miktarı artmaktadır. Ayrıca iniş takımının silindir parçasında oluşan gerilme değerinin artışı görülmüştür.

İniş takımının 1. Modeli için 36 mm ' lik ve 52 mm ' lik iniş takımının deformasyon miktarlarının sayısal olarak karşılaştırılması Şekil 17'de verilmiştir.



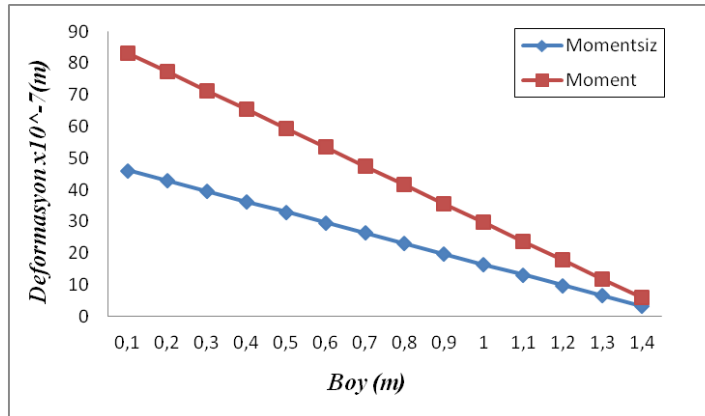
Şekil 17. 1. Model-Boy-Deformasyon miktarı

Şekil 17'de görüldüğü üzere jant kısmından verdiğimiz kuvvetten dolayı jant kısmına yakın yerlerde (x ekseninin 0,1 olduğu) daha fazla deformasyona uğramıştır. Ankastre mesnetlediğimiz kısma doğru ise deformasyon git gide sıfıra daha çok yaklaşmaktadır. Mil çapının büyük olduğu sistemde meydana gelen toplam deformasyon miktarı, mil çapının küçük olduğu sistemdeki toplam deformasyondan daha fazladır. Bu durumda toplam deformasyon miktarını azalmak için mil çapını küçültmek gerektiği sonucuna varılmıştır.

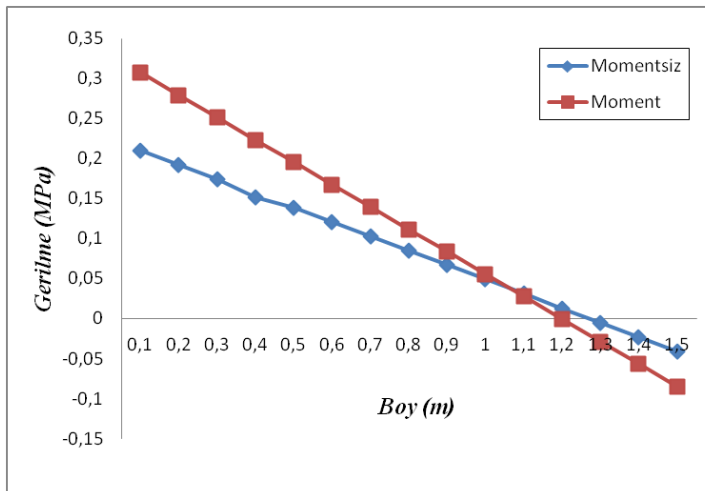


Şekil 18. 1. Model-Boy-Maksimum gerilme

Şekil 18’de görüldüğü üzere iniş takımındaki maksimum gerilmeler mil çapı ile ters orantılıdır. Mil çapının artırılması maksimum gerilme miktarını azaltmaktadır. Şekil 19’da iniş takımında mil yarıçapı 52 mm iken alt parçaya 100 N.m’ lik bir moment uygulandığı zaman toplam deformasyon miktarının maksimum değeri 0,0083278 mm’ dir. Momentin uygulanmadığı zaman sadece kuvvet uygulandığında maksimum toplam deformasyon değeri 0,004617 mm’ dir. Sonuç olarak moment sisteme uygulandığı zaman maksimum deformasyon miktarını artırır. Şekil 20’de moment uygulandığımız da maksimum gerilme miktarı artmaktadır.



Şekil 19. Momentli-Momentsiz toplam deformasyon



Şekil 20. Momentli-Momentsiz toplam gerilme

SONUÇLAR

Bu çalışmada F-16 uçağının yardımcı iniş takımlarından biri olan burun iniş takımının Solidworks’de çizimi ve Ansys programında gerilme-deformasyon analizi yapılmıştır.

İniş takımı; silindir, piston, mil, jant ve tekerlek olmak üzere 5 parçadan oluşmaktadır. Solidworks’de jantları birbirine bağlayan 36 mm yarıçapında mil ile yapılan iniş takımı ve 52 mm yarıçapında mil ile yapılan iniş takımı olmak üzere 2 çizim gerçekleştirilmiştir. Solidworkste çizdiğimiz bu iniş takımı modellerinin Ansys Workbench 14.5 aktarımı gerçekleştirilmiştir ve 2 model oluşturulmuştur. 1. Model için Ansys programında iki çizim için aynı sınır şartları verilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Sınır şartları olarak jant kısımlarına 385,6 N büyüklüğünde kuvvetlerin verilmesi ve silindirin ankastre mesnet seçilmesi sonucunda oluşacak çözümlerin karşılaştırılması yapılmıştır. 2. Modelde ise mil yarıçapı 52 mm olan pistonu 100 N.m’lik bir moment uygulanmıştır. Bu modele momentin nasıl bir etkisi olduğu incelenmiştir.

Analizlerin değerlendirilmesi sonunda iki sonuç ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki iniş takımındaki mil yarıçapı arttırıldığı zaman maksimum deformasyonun artması ve maksimum gerilmenin azalmasıdır. Bunlardan ikincisi ise moment uygulandığı zaman maksimum gerilme ve maksimum deformasyonun artmasıdır. İleriki çalışmalarda ana iniş takımları için yapılan çalışmalar yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] *Temel Uçak Sistemleri*, Meb, 2012.
- [2] Özdemir, N. Ö., *Sonlu elemanlar yönteminde yorulma mekaniği ve uygulamaları*, Bitirme Çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2009.
- [3] Tümer, T. S., *Uçak kanadında titreşim analizi*, Mühendislik Uygulamaları, Celal Bayar Üniversitesi, 2016.
- [4] Heirendt, L., Liu, H. H. T, Wang, P., H. E., Aircraft landing gear greased slider bearing steady-state thermo-elastohydrodynamic concept model, *Tribology International*, 82 (2015) 453–463456.
- [5] Imran, M., Liu, H. H. T, Wang, P., H. E., Aircraft landing gear greased slider bearing steady-state thermo-elastohydrodynamic concept model, *Tribology International*, 82 (2015) 453–463456.
- [6] Sevgi, H. E., *İTÜ hafif ticari helikopteri için iniş takımı analizi*, Bitirme Ödevi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.